



REC'D 21 NOV 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 47 765.5

Anmeldetag: 14. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Zerstäubungsanordnung

IPC: B 05 B, C 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag


Holß

BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

5 R. 302804

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Zerstäubungsanordnung

15 Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Zerstäubungsanordnung nach der Gattung des Hauptanspruchs.

20 Bei brennstoffzellengestützten Transportsystemen kommen zur Gewinnung des benötigten Wasserstoffs aus kohlenwasserstoffhaltigen Kraftstoffen sog. chemische Reformer bzw. zur Bereitstellung der Reaktionstemperatur katalytischer Brenner oder Nachbrenneinrichtungen zum
25 Einsatz.

Alle vom Reformer zum Reaktionsablauf benötigten Stoffe wie z.B. Luft, Wasser und Kraftstoff werden idealerweise dem Reformer in gasförmigem Zustand zugeführt. Da aber die
30 Kraftstoffe, wie z.B. Methanol oder Benzin, und Wasser an Bord des Transportsystems vorzugsweise in flüssiger Form vorliegen, müssen sie erst, kurz bevor sie dem Reformer zugeführt werden, erhitzt werden, um sie zu verdampfen. Dies erfordert einen Vorverdampfer (separat oder im Reformer
35 integriert), der in der Lage ist, die entsprechenden Mengen an gasförmigem Kraftstoff und Wasserdampf zur Verfügung zu stellen.

Da der Wasserstoff zumeist sofort verbraucht wird, müssen die chemischen Reformer in der Lage sein, die Produktion von Wasserstoff verzögerungsfrei, z.B. bei Lastwechseln oder Startphasen, an die Nachfrage anzupassen. Insbesondere in
5 der Kaltstartphase müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, da der Reformer keine Abwärme bereitstellt. Konventionelle Verdampfer sind nicht in der Lage die entsprechenden Mengen an gasförmigen Reaktanden verzögerungsfrei zu erzeugen.

10

Es ist daher sinnvoll, den Kraftstoff durch eine Zerstäubungseinrichtung in feinverteilter Form in den Reformer einzubringen, wobei, bei ausreichendem Wärmeangebot, der Verdampfungsprozeß durch die hohe
15 Oberfläche des feinverteilten Kraftstoffs verbessert wird.

Die für die chemische Reaktion, in welcher beispielsweise der Kraftstoff unter anderem zu Wasserstoff reformiert wird, notwendige Temperatur, wird durch sogenannte Katbrenner zur
20 Verfügung gestellt. Katbrenner sind Komponenten, welche mit einem Katalysator beschichtete Flächen aufweisen. In diesen katalytischen Brennern wird das Kraftstoff/Luftgemisch in Wärme und Abgase gewandelt, wobei die entstehende Wärme beispielsweise über die Mantelflächen und/oder über den
25 warmen Abgasstrom an die entsprechenden Komponenten, wie beispielsweise den chemischen Reformer oder einen Verdampfer, geführt wird.

Die Umsetzung des Kraftstoffs in Wärme ist stark von der
30 Größe der Kraftstofftröpfchen, welche auf die katalytische Schicht auftreffen, abhängig. Je kleiner die Tröpfchengröße ist und je gleichmäßiger die katalytische Schicht mit den Kraftstofftröpfchen benetzt wird, desto vollständiger wird der Kraftstoff in Wärme gewandelt und desto höher ist der
35 Wirkungsgrad. Der Kraftstoff wird so zudem schneller umgesetzt und Schadstoffemissionen gemindert. Zu große Kraftstofftröpfchen führen zu einer Belegung der katalytischen Schicht und damit zu einer nur langsamen

Umsetzung. Dies führt insbesondere in der Kaltstartphase beispielsweise zu einem schlechten Wirkungsgrad.

Weiterhin kann eine solche Zerstäubungsanordnung zur
5 Eindosierung einer Harnstoff-Wasser-Lösung direkt in den Abgasstrahl zur Abgasnachbehandlung verwendet werden.

Beispielsweise sind aus der US 3,971,847 Vorrichtungen zur Reformierung von Kraftstoffen bekannt. Der Kraftstoff wird
10 hierin von vom Reformer relativ weit entfernten Zumeßeinrichtungen über lange Zuführungsleitungen in einen temperierten Stoffstrom zugemessen und über eine Dosieröffnung am Ende der Zuführungsleitung in den Stoffstrom verteilt, welcher zum Ort des eigentlichen
15 Reformierprozesses strömt.

Nachteilig bei den aus der obengenannten Druckschrift bekannten Vorrichtungen ist insbesondere, daß die langen Zuführungsleitungen zu Verzögerungen und Ungenauigkeiten im
20 Zumessen von Kraftstoff führen, insbesondere bei starken Lastwechseln oder Warmstartphasen. Wird beispielsweise nach einer Stopphase, während der Kraftstoff durch die Temperatureinwirkung aus der Zuführungsleitung verdampft, die Kraftstoffzumessung wieder aufgenommen, so kommt es zu
25 verzögerter Eindosierung von Kraftstoff in den temperierten Stoffstrom und zum Reformierungsprozeß durch das zunächst wieder aufzufüllende Totraumvolumen in der Zuführungsleitung. Das gleiche Problem ergibt sich bei besonders geringer Last. Im Weiteren stehen lange
30 Zuführungsleitungen einer kompakten Bauweise entgegen, erhöhen die Fehleranfälligkeit und den Montageaufwand.

Vorteile der Erfindung

35 Die erfindungsgemäße Zerstäubungsanordnung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß die Kombination einer Zumeßeinrichtung, vorzugsweise in Form eines Niederdruckbrennstoffeinspritzventils, mit einer

Dosierstelle und einer Zerstäubungseinrichtung beliebiger Form eine kompakte Bauweise und eine feine Gemischaufbereitung auch bei hohen Temperaturen ermöglicht.

- 5 Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterentwicklungen der im Hauptanspruch angegebenen Zerstäubungsanordnung möglich.

- Vorteilhafterweise wird als Zumeßeinrichtung ein
10 Brennstoffeinspritzventil eingesetzt, wie es z. B. aus Hubkolbenmaschinen mit innerer Verbrennung bekannt ist. Der Einsatz solcher Ventile hat mehrere Vorteile. So lassen sie eine besonders genaue Steuerung bzw. Regelung der Kraftstoffzumessung zu, wobei die Zumessung über mehrere
15 Parameter, wie z.B. Tastverhältnis, Taktfrequenz und ggf. Hublänge, gesteuert werden kann. Dabei ist die Abhängigkeit vom Pumpendruck weit weniger ausgeprägt als bei Zumeßeinrichtungen, die über den Leitungsquerschnitt den Volumenstrom des Kraftstoffs regeln, und der Dosierbereich
20 ist deutlich größer. Darüber hinaus sind besagte Brennstoffeinspritzventile vielfach bewährte, in ihrem Verhalten bekannte, kostengünstige, gegenüber den verwendeten Kraftstoffen chemisch stabile und zuverlässige Bauteile, wobei dies im besonderen für sog.
25 Niederdruckbrennstoffeinspritzventile zutrifft, die aufgrund der thermischen Entkopplung hier einsetzbar sind.

- Von Vorteil ist außerdem, daß die Zufuhr eines temperierten Stoffstroms, beispielsweise eines Luftstroms, sowohl
30 zwischen der Dosier- und der Zerstäubungsstelle als auch abströmseitig der letzteren möglich ist. Dadurch können kompakte Bauformen für beliebige Einbaulagen entwickelt werden.

- 35 Weiterhin ist von Vorteil, mehrere Dosieröffnungen über die Oberfläche des Verbindungsrohres zu verteilen und auf diese Weise für eine besonders gleichmäßige Verteilung des Gemisches in die einzudosierenden Komponenten zu erreichen.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, die
Dosier- und Zerstäubungsstelle gemeinsam am
Brennstoffeinspritzventil anzuordnen. Dieses kann dann unter
einem beliebigen Winkel in das Verbindungsrohr einspritzen,
5 so daß auch kompliziertere Einbaulagen realisierbar sind.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung
10 vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden
Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines ersten
Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen
15 Zerstäubungsanordnung,

Fig. 2A eine schematische Darstellung eines zweiten
Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen
20 Zerstäubungsanordnung,

Fig. 2B eine schematische Darstellung einer
Einbausituation des in Fig. 2A dargestellten
Ausführungsbeispiels,

25 Fig. 3 eine schematische Darstellung eines dritten
Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen
Zerstäubungsanordnung,

30 Fig. 4A eine schematische Darstellung eines vierten
Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen
Zerstäubungsanordnung,

Fig. 4B eine schematische Darstellung einer
Einbausituation des in Fig. 4A dargestellten
35 Ausführungsbeispiels,

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines fünften
Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen
Zerstäubungsanordnung, und

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines sechsten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Zerstäubungsanordnung.

5

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung beispielhaft beschrieben.

10

Durch eine geeignete Wahl der Parameter des Niederdruckbrennstoffeinspritzventils 2 können die für die Methanol- und Benzinreformierung für Brennstoffzellenkomponenten benötigten Durchflußparameter Q_{dyn} und Q_{stat} realisiert werden. Weiterhin ist von Interesse, die Temperaturen im Bereich des Niederdruckbrennstoffeinspritzventils 2 so niedrig wie möglich zu halten, um kostengünstigerweise serienmäßige Brennstoffeinspritzventile einsetzen zu können. Andererseits ist jedoch auch zu beachten, daß die Temperaturunterschiede beim Betrieb der Zerstäubungsanordnung 1 stark variieren. So treten in der Kaltstartphase lediglich Temperaturen um die 20-30°C auf, während im Vollastbetrieb bis zu 500-800°C auftreten können. Dementsprechend muß der Kraftstoff beim Kaltstart sehr fein dosierbar und gleichmäßig verteilbar sein, da sonst der Wirkungsgrad durch die langsame thermische Umsetzung des Kraftstoffes leidet.

Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele von erfindungsgemäß ausgestalteten Zerstäubungsanordnungen 1 tragen den vorstehend geschilderten Sachverhalten Rechnung und ermöglichen eine einfache Dosierung und Zerstäubung in heißer Atmosphäre bei robuster Konstruktion, Anwendung in unterschiedlichen räumlichen Konstellationen und Einsatz von Standard-Niederdruckbrennstoffeinspritzventilen.

35

In den Figuren sind gleiche Bauteile zur Erleichterung der Orientierung jeweils mit übereinstimmenden Bezugszeichen

versehen. Die Pfeile symbolisieren jeweils die Brennstoff- und Luftströme.

Ein in Fig. 1 schematisiert dargestelltes erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Zerstäubungsanordnung 1 ist in der Form einer Zerstäubungsanordnung 1 für die Verwendung von Niederdruckbrennstoffeinspritzventilen 2 ausgeführt. Die Zerstäubungsanordnung 1 eignet sich insbesondere zum Eintrag und zur Zerstäubung von Kraftstoff in einen nicht dargestellten chemischen Reformier oder einen katalytischen Brenner zur Gewinnung von Wasserstoff.

Das Niederdruckbrennstoffeinspritzventil 2 ist im ersten Ausführungsbeispiel an einer zuströmseitigen Seite 3 eines Verbindungsrohres 4 angeordnet. Das Verbindungsrohr 4 ist dabei so ausgeformt, daß abströmseitig des Niederdruckbrennstoffeinspritzventils 2 eine Dosierstelle 5 vorgesehen ist, welche die Menge des in das Verbindungsrohr 4 eingespritzten Brennstoffs begrenzt.

An einer beliebigen Stelle abströmseitig der Dosierstelle 5 mündet ein weiteres Rohr 6 in das Verbindungsrohr 4 ein, durch welches ein Luftstrom in das Verbindungsrohr 4 einleitbar ist. Das Rohr 6 kann dabei unter einem beliebigen Winkel, welcher jedoch vorzugsweise ca. 90° beträgt, in das Verbindungsrohr 4 einmünden.

An einer abströmseitigen Stirnseite 7 des Verbindungsrohres 4 ist eine Zerstäubungsstelle 8 vorgesehen, an welcher das in dem Verbindungsrohr 4 aus Luft und Kraftstoff gebildete Gemisch zerstäubt wird. Dies kann beispielsweise mittels einer Zerstäuberscheibe, einer Drallscheibe oder eines beliebigen anderen Drall- oder Zerstäubungseinsatzes an der Zerstäubungsstelle 8 erfolgen. Ein Strahlöffnungswinkel α des zerstäubten Strahls kann dabei beliebig durch eine geeignete Wahl der Zerstäubungsvorrichtung an die Bedingungen angepaßt werden.

Fig. 2A und 2B zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäß ausgestalteten Zerstäubungsanordnung 1 als Prinzipskizze sowie in einer Einbausituation. Im Gegensatz zu dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Zuführung der Luft über das Rohr 6 optional. Die eigentliche Gemischbildung findet in einem Rohrabschnitt 9 abströmseitig des Verbindungsrohres 4 statt. Vorteil bei diesem Ausführungsbeispiel ist, daß der Luftstrom abströmseitig der Zerstäubungsstelle 8 direkt in den bereits zerstäubten Kraftstoff geleitet wird, wodurch eine bessere Verteilung des Gemisches erzielt wird.

Durch die rechtwinkelige Anordnung des Rohrabschnitts 9 relativ zum Verbindungsrohr 4 können mit dem in den Fig. 2A und 2B dargestellten Ausführungsbeispiel andere Geometrien erzielt werden, wodurch u. U. eine günstigere Einbaulage relativ zu anderen, nicht näher dargestellten Komponenten (10 in Fig. 2B und 4B) der Brennstoffzelle möglich ist.

Das in Fig. 3 dargestellte Ausführungsbeispiel stellt eine Kombination aus den in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsvarianten dar. Auch hier wird, wie im zweiten Ausführungsbeispiel, der Luftstrom erst nach der Zerstäubungsanordnung 8 zugeführt, die einzudosierenden Komponenten sind jedoch in Richtung einer Achse 11 des Verbindungsrohres 4 wie im ersten Ausführungsbeispiel angeordnet.

Fig. 4A und 4B zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäß ausgestalteten Zumeßvorrichtung, welche insbesondere für enge Einbaulagen geeignet ist. Hierbei wird der Luftstrom, wie in dem in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel, über das Rohr 6 vor der Zerstäubungsstelle 8 zugeleitet. Die Zerstäubung erfolgt dann über viele Zerstäubungsstellen 8, welche in beliebiger, den Verhältnissen zuträglicher Anordnung über die Fläche des Verbindungsrohres 4 verteilt sein können. Durch die Überschneidung der einzelnen, die Zerstäubungsstellen 8

verlassenden Kraftstoffstrahlen ist eine besonders gleichmäßige Verteilung möglich.

5 Fig. 4B zeigt eine beispielhafte Einbausituation für das in Fig. 4A dargestellte Ausführungsbeispiel, welches sich durch einen besonders hohen Kompaktheitsgrad wegen der kurzen Einbaulänge auszeichnet.

10 Fig. 5 stellt ein anders ausgestaltetes Ausführungsbeispiel dar, bei welchem das Niederdruckbrennstoffeinspritzventil 2 nicht zuströmseitig des Verbindungsrohres 4, sondern seitlich unter frei wählbaren Winkeln α (Öffnungswinkel des von dem Brennstoffeinspritzventil 2 eingespritzten Strahls) und γ (Neigungswinkel des Strahls) angeordnet ist. Dabei
15 fallen die Dosierstelle 5 und die Zerstäubungsstelle 8 zusammen, und das bereits zerstäubte Kraftstoffgemisch wird unter den oben erwähnten Winkeln wie in dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel direkt in den Luftstrom eingebracht. Die Dosierung/Zerstäubung findet im Bereich
20 eines verjüngten Querschnitts bei höherer Strömungsgeschwindigkeit statt. Vorteil ist auch hier die Möglichkeit zu einer kompakten Bauform bei Ersparnis einer separaten Zerstäubungsstelle.

25 Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäß ausgestalteten Zumeßvorrichtung, welche wie das in den Fig. 4A und 4B dargestellte Ausführungsbeispiel insbesondere für enge Einbaulagen geeignet ist. Hierbei wird der Luftstrom, wie in dem in Fig. 1 dargestellten ersten
30 Ausführungsbeispiel, über das Rohr 6 vor der Zerstäubungsstelle 8 zugeleitet. Die Zerstäubung erfolgt dann über viele Zerstäubungsstellen 8, welche in beliebiger, den Verhältnissen zuträglicher Anordnung über die Fläche des Verbindungsrohres 4 verteilt sein können. Durch die
35 Überschneidung der einzelnen, die Zerstäubungsstellen 8 verlassenden Kraftstoffstrahlen ist eine besonders gleichmäßige Verteilung möglich.

Im Gegensatz zu dem in den Fig. 4A und 4B dargestellten Ausführungsbeispiel weist das sechste Ausführungsbeispiel auch im Bereich der Stirnseite 7 des Verbindungsrohres 4, insbesondere an abgerundeten Ecken 12, Zerstäubungsstellen 8 auf. Dadurch kann eine Zerstäubung auch in Räume erfolgen, welche länger als das Verbindungsrohr 4 sind. Die Strahlöffnungswinkel α der Zerstäubungsstellen 8 können dabei gleich denen der übrigen Zerstäubungsstellen 8 sein oder auch je nach den Anforderungen kleiner oder größer gewählt werden.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt und ist für beliebige andere Zerstäubungsanordnungen anwendbar.

5 R. 302804

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 STUTTGART

10

Ansprüche

- 15 1. Zerstäubungsanordnung (1) für Kraftstoffe, insbesondere zum Eintrag in einen chemischen Reformier zur Gewinnung von Wasserstoff, mit zumindest einer Zumeßeinrichtung (2) zum Zumessen von Kraftstoff an zumindest einer Dosierstelle (5) in ein Verbindungsrohr (4), in welches ein temperierter
- 20 Stoffstrom einleitbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbindungsrohr (4) zumindest eine Zerstäubungsstelle (8) aufweist, welche abströmseitig der zumindest einen Dosierstelle (5) angeordnet ist.
- 25 2. Zerstäubungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zumeßeinrichtung (2) als Niederdruckbrennstoffeinspritzventil (2) ausgebildet ist.
- 30 3. Zerstäubungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Niederdruckbrennstoffeinspritzventil (2) an einer Stirnseite (3) des Verbindungsrohres (4) ausgebildet ist.
- 35 4. Zerstäubungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Dosierstelle (5) an dem Niederdruckbrennstoffeinspritzventil (2) ausgebildet ist.

5. Zerstäubungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Zuführung des temperierten Stoffstroms zwischen der
5 Dosierstelle (5) und der Zerstäubungsstelle (8) erfolgt.

6. Zerstäubungsanordnung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß der temperierte Stoffstrom über ein Rohr (6) zuführbar
10 ist.

7. Zerstäubungsanordnung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Rohr (6) unter einem Winkel von ca. 90° in das
15 Verbindungsrohr (4) einmündet.

8. Zerstäubungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Zuführung des temperierten Stoffstroms abströmseitig
20 der Zerstäubungsstelle (8) erfolgt.

9. Zerstäubungsanordnung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Weiterleitung des aus Kraftstoff und Stoffstrom
25 gebildeten Gemisches entlang einer Achse (11) des
Verbindungsrohres (4) erfolgt.

10. Zerstäubungsanordnung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
30 daß die Weiterleitung des aus Kraftstoff und Stoffstrom
gebildeten Gemisches senkrecht zu einer Achse (11) des
Verbindungsrohres (4) erfolgt.

11. Zerstäubungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
35 dadurch gekennzeichnet,
daß mehrere Zerstäubungsstellen (8) vorgesehen sind.

12. Zerstäubungsanordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,

daß die Dosierstelle (5) und die Zerstäubungsstelle (8) gemeinsam am Niederdruckbrennstoffeinspritzventil (2) ausgebildet sind.

- 5 13. Zerstäubungsanordnung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Niederdruckbrennstoffeinspritzventil (2) unter einem vorgegebenen Winkel gegenüber einer Achse (11) des Rohrs (6) und des Verbindungsrohrs (4) geneigt ist.
- 10 14. Zerstäubungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Zerstäubungsstelle (8) eine Zerstäubungsvorrichtung in Form einer Drallscheibe, einer Spritzlochscheibe, eines
- 15 Dralleinsatzes oder einer Dralldüse mit einem oder mehreren Löchern aufweist.
15. Zerstäubungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
- 20 daß die Zerstäubungsstellen (8) zumindest teilweise in abgerundeten Ecken (12) einer Stirnseite (7) des Verbindungsrohres (4) angeordnet sind.

5 R. 302804

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 STUTTGART

10

Zusammenfassung

15 Eine Zerstäubungsanordnung (1) für Kraftstoffe, insbesondere
zum Eintrag in einen chemischen Reformier zur Gewinnung von
Wasserstoff, umfaßt zumindest eine Zumeßeinrichtung (2) zum
Zumessen von Kraftstoff an zumindest einer Dosierstelle (5)
in ein Verbindungsrohr (4), in welches ein temperierter
20 Stoffstrom einleitbar ist. Das Verbindungsrohr (4) weist
zumindest eine Zerstäubungsstelle (8) auf, welche
abströmseitig der zumindest einen Dosierstelle (5)
angeordnet ist.

25

(Fig. 1)

1/2

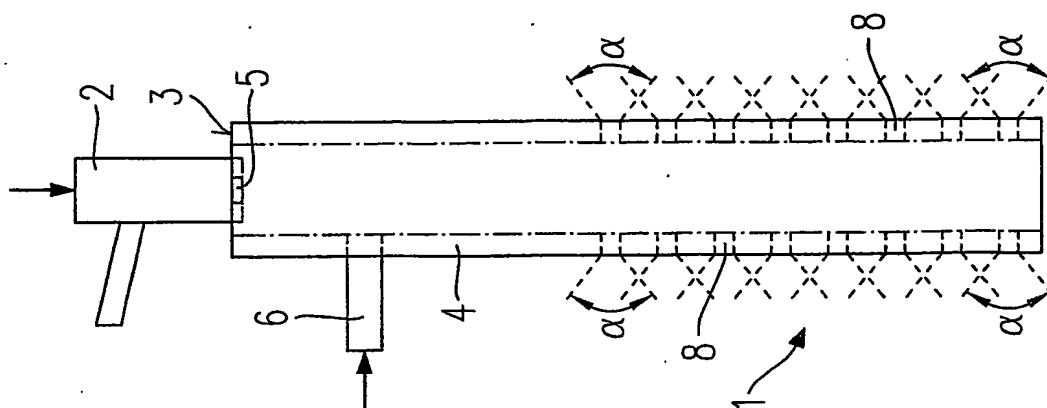


Fig. 1

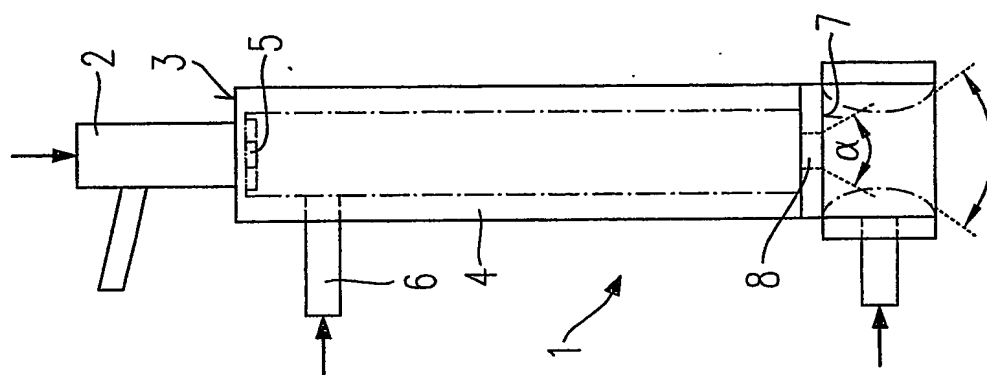


Fig. 2A

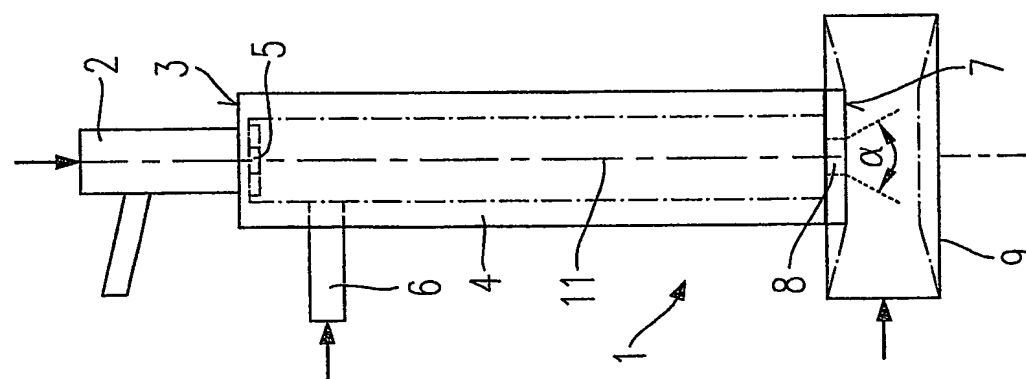


Fig. 3

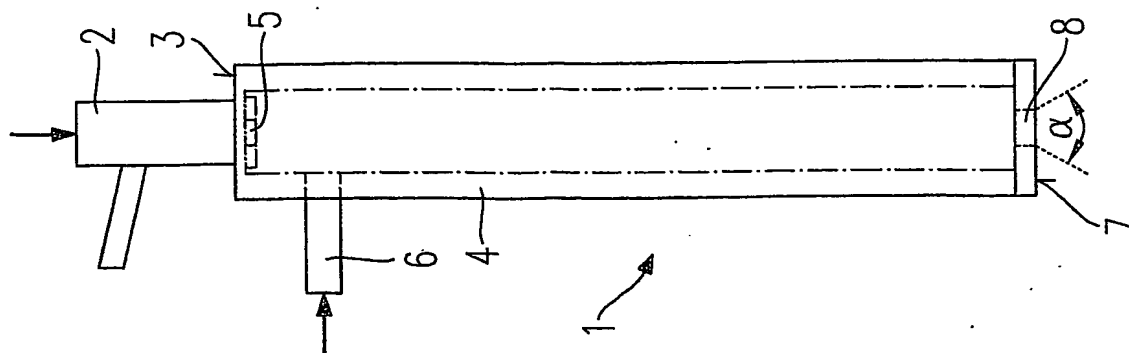


Fig. 4A

2/2

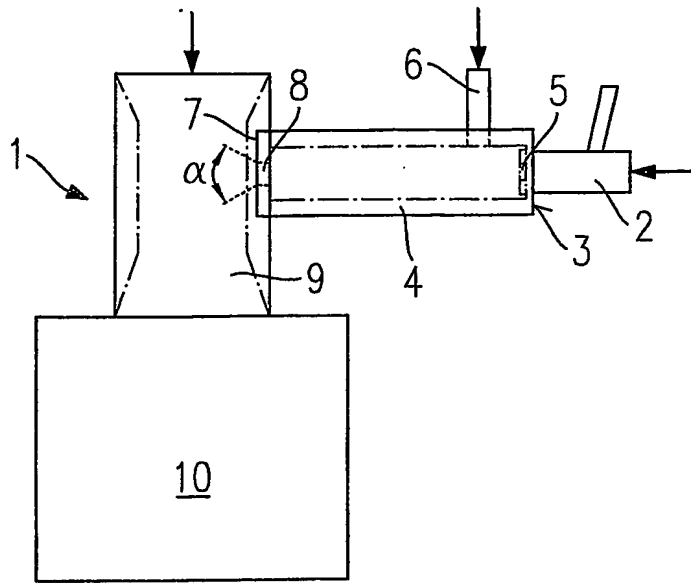


Fig. 2B

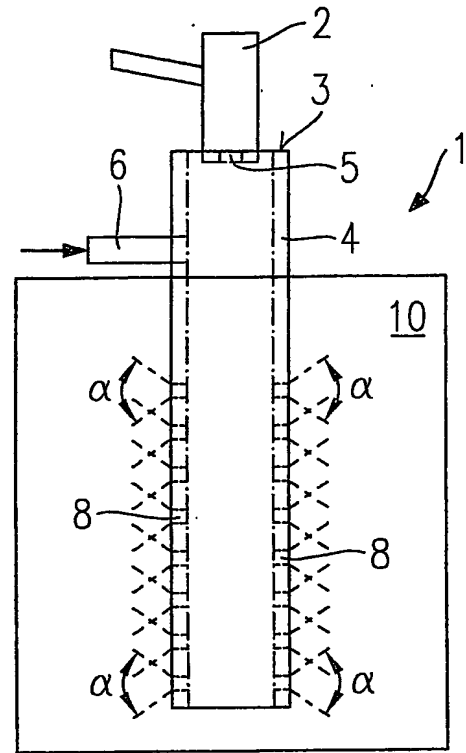


Fig. 4B

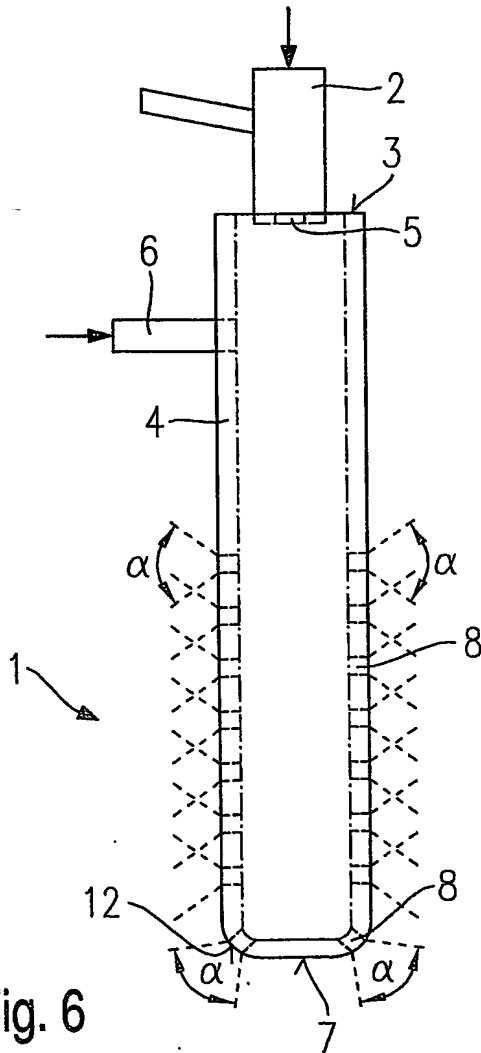


Fig. 6

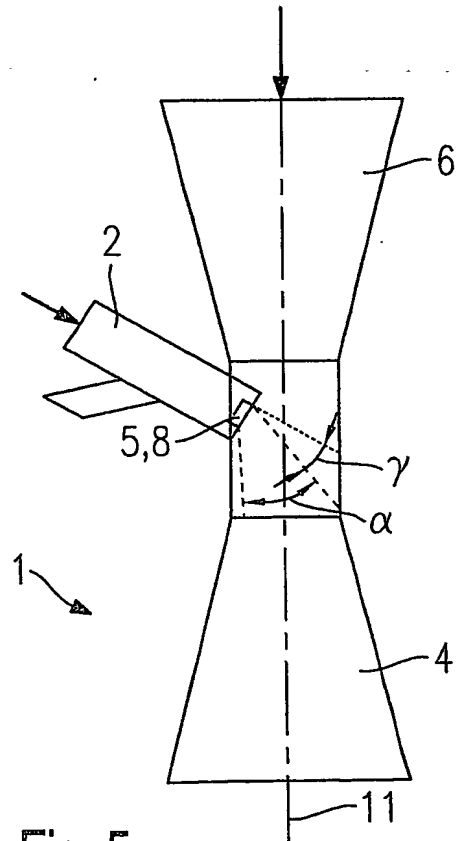


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.